

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10121128  
PUBLICATION DATE : 12-05-98

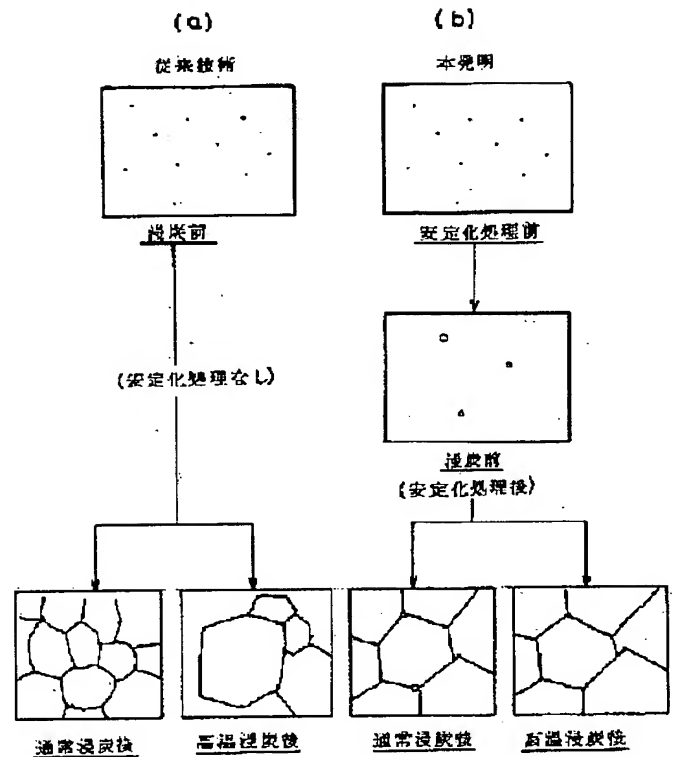
APPLICATION DATE : 16-10-96  
APPLICATION NUMBER : 08295634

APPLICANT : SUMITOMO METAL IND LTD;

INVENTOR : MURAI NOBUHIRO;

INT.CL. : C21D 6/00 C22C 38/00 C22C 38/12

TITLE : PRODUCTION OF CASE HARDENING STEEL AND CASE HARDENING STEEL PRODUCED BY THIS METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the treating time by high temp. carburizing at  $\geq 1050^{\circ}\text{C}$  and to suppress the partial abnormal growth of austenite grains caused by this high temp. carburizing.

SOLUTION: In an Nb-added type case hardening steel contg., by weight, 0.10 to 0.25% C, the content of Nb is regulated to 0.02 to 0.10%, the content of N is regulated to 0.010 to 0.023%, and also, the relation of  $N \leq 0.006 + 0.325\text{Nb}$  is satisfied. This steel is subjected to hot working and is thereafter held to a temp. range of 600 to  $700^{\circ}\text{C}$  for  $\geq 30\text{min}$  before carburizing treatment. By coagulating finely dispersed Nb carbon nitrides, relatively large Nb carbon nitrides are formed, and the elimination thereof caused by their entering into solid solution in the carburizing treatment can be stopped.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-121128

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月12日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

C 2 1 D 6/00

C 2 1 D 6/00

P

C 2 2 C 38/00

3 0 1

C 2 2 C 38/00

3 0 1 N

38/12

38/12

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平8-295634

(22) 出願日

平成8年(1996)10月16日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 村井 暢宏

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

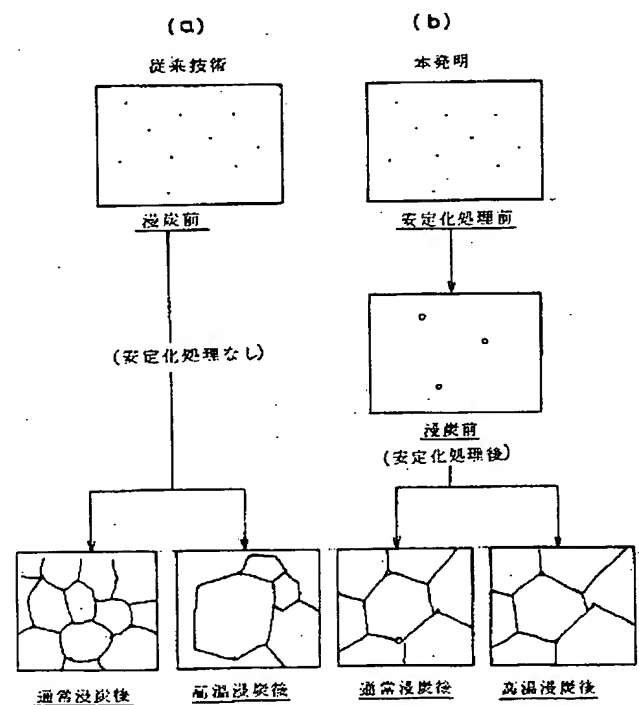
(74) 代理人 弁理士 生形 元重 (外1名)

(54) 【発明の名称】 肌焼鋼の製造方法及びその方法により製造された肌焼鋼

(57) 【要約】

【課題】 1050℃以上の高温浸炭により、処理時間を短縮する。この高温浸炭で、オーステナイト粒が部分的に異常成長するのを抑制する。

【解決手段】 Nb添加型の肌焼鋼において、Nb量を0.02～0.10%、N量を0.010～0.023%とし、且つ、 $N \leq 0.006 + 0.325 Nb$ を満足させる。この鋼を、熱間加工の後、浸炭処理前に、600～700℃の温度域に30分以上保持する。細かく分散するNb炭窒化物を凝集させることにより、比較的大きなNb炭窒化物を生成し、浸炭処理での固溶による消失を阻止する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 重量比でCを0.10～0.25%含むNb添加型の肌焼鋼を製造するに際し、Nb量が0.02～0.10%、N量が0.010～0.023%であり、且つ $N \leq 0.006 + 0.325Nb$ を満足する鋼を、熱間加工の後、浸炭処理前に、600～700℃の温度域に30分以上保持することを特徴とする肌焼鋼の製造方法。

【請求項2】 前記熱間加工における加熱温度が1150～1250℃であることを特徴とする請求項1に記載の肌焼鋼の製造方法。

【請求項3】 前記鋼中のN量が0.010%以上、(0.325/Nb)%以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の肌焼鋼の製造方法。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかの方法により製造された肌焼鋼。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、高温浸炭処理、特に1050℃以上の浸炭処理での粗粒化及び混粒化を抑制する肌焼鋼の製造方法、及びその方法により製造された肌焼鋼に関する。

**【0002】**

【従来の技術】歯車やシャフト等の動力伝達に使用される鋼部品には、浸炭処理により表面に硬化層を形成する肌焼鋼が多用される。ここでの浸炭処理は、熱間加工—機械加工のプロセスにより成形された部品をオーステナイト域に昇温保持して、雰囲気からCを鋼中に取り込んで浸透拡散させる処理である。なお、昇温保持後の冷却は通常、焼入れ処理を兼ねる。

【0003】近年、これらの部品の高強度化と共に製造コスト低減が大きな課題になっている。製造コストの低減では、浸炭処理の処理時間短縮が効果的な対策の一つである。浸炭処理では、所定の硬化深さを得るために、通常数時間以上の処理が必要とされるので、処理時間の短縮は生産性向上の観点からコスト低減に寄与するのである。

【0004】ところで、浸炭時間の短縮には高温処理が有効である。浸炭処理では、Cの拡散速度により反応が律速されるので、浸炭時間の短縮のためにはCの拡散速度の上昇が不可欠であり、このためには高温化が最も有効である。例えば、通常は930℃で浸炭されるが、これを1050℃以上の温度で行うと、同じ硬化深さを得るための時間は1/4以下となる。

【0005】しかしながら、高温浸炭は一方で次のような問題を生じる。最も大きな問題は、高温での処理ではオーステナイト粒が粗大化することである。オーステナイト粒が粗大化すると、焼入れ後の歪みが大きくなる。通常、浸炭後は研磨等の必要最小限の機械加工を施すだけであるので、焼入れ時の歪みは製品の歪みとなり、前述した動力伝達用の部品では騒音発生の原因となる。

【0006】もう一つの大きな問題は、オーステナイト粒の混粒化である。これはオーステナイト粒が部分的に異常成長する現象であり、これが生じると、その部分の焼入れ歪みが大きくなり、歪みの分布が均一ではなくなる。また、ロット全体で見ると、歪みのバラツキが大きくなる。一般には、熱処理での歪みの大きさは機械加工に反映され、歪みの大きさを見越して機械加工が実施されるので、部分的な歪みやロット内での歪みのバラツキは、加工精度等の点から大きな問題となる。

【0007】そして、このような高温浸炭でのオーステナイト粒の粗粒化や混粒化を抑制するために、特開平4-176816号公報や特開平7-216448号公報では、合金元素としてNb、Ti、Ta、Zr、Hf、V等を添加し、所定の条件で熱間加工を行う技術が提案されている。

**【0008】**

【発明が解決しようとする課題】特開平4-176816号公報や特開平7-216448号公報で提案された技術は、基本的に、浸炭処理の前に微細な炭窒化物を多量に析出させ、これによるピンニング効果により浸炭処理の後も微細均一なオーステナイト粒を確保するものである。即ち、高温浸炭では炭窒化物の固溶消失が起きるものの、Nb、Ti、Ta、Zr、Hf、V等の炭窒化物形成元素と所定の熱間加工条件により、事前に微細な炭窒化物を多量に析出させておけば、浸炭処理の後もこの炭窒化物が残り、比較的微細で均一なオーステナイト粒が確保されるというのが、上記提案技術における基本的な考えである。

【0009】ところで、浸炭処理で十分な硬化深さを得るためには、自動車用の比較的小さな部品の場合でも、930℃の通常浸炭では数時間以上が必要であり、1050℃程度の高温浸炭でも1時間以上の処理が必要である。しかしながら、本発明者らの調査によると、上記提案技術は浸炭条件が1050℃・30分程度までは有効であるが、1050℃を超える温度や1050℃でも1時間以上の条件では、粗粒化抵抗及び混粒化抵抗、特に混粒化に対する抵抗の不足することが判明した。

【0010】そのため、上記提案技術では、自動車用の比較的小さな部品の場合でも、十分な硬化深さを得ることができない。硬化深さの点からは、1050℃以上で1時間以上の浸炭条件で、耐粗粒化特性及び耐混粒化特性の両方に優れることが望まれるのである。

【0011】本発明の目的は、1050℃以上で且つ1時間以上の高温浸炭でも、粗粒化及び混粒化を効果的に抑制することにより、焼入れ歪みの少ない製品を低コストで製造し得る肌焼鋼の製造方法、及びその方法により製造された肌焼鋼を提供することにある。

**【0012】**

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明者らはNb炭窒化物が高温でも安定で、浸炭

材の粗粒化防止に有効であるという基本的な事実に着目し、このNb炭窒化物の粗粒化抵抗効果について鋭意研究した結果、以下のような新しい事実を見いだした。

【0013】(1)炭窒化物に限らず、析出物の溶解速度は、析出物の組成が同一であるならば、析出物の粒径に左右され、細かい析出物ほど速く固溶消失してしまう。例えば、同一量で同一組成のNb炭窒化物が細かく分散している場合と粗く分散している場合、これらをNb炭窒化物の固溶域まで昇温すると、細かく分散している方が速く消失する。

【0014】930℃程度の通常の浸炭温度域では、Nb炭窒化物はその一部しか固溶しないが、1050℃以上の高温浸炭では、固溶量が著しく増加し、細かく分散した炭窒化物は完全に消失してしまう場合もあり、炭窒化物の数が著しく減少する。一方、比較的粗く分散しているものでは、個々の粒径が大きいため、粒子の周囲が固溶するだけで、完全な消失には至らず、その結果、炭窒化物の数は変化しない。

【0015】このように、1050℃以上の高温浸炭では、Nb炭窒化物のオーステナイトへの溶け込みは多くなるが、その溶け込みの過程は、Nb炭窒化物が小さい場合と大きい場合とでは、炭窒化物の数の変化が全く異なるものとなるのである。

【0016】(2)一方、オーステナイトの粒成長は、粒の界面エネルギーを駆動力として進行する。このため、オーステナイト粒が細かいほど、その駆動力は大きくなる。細かい粒の成長を促進するためには、細かい炭窒化物の粒子が多量に必要であるが、1050℃以上の高温浸炭では、上述したように、この粒子が細かいがために一部溶けて消失し、その粒子数が減少すると、オーステナイト粒の成長駆動力も大きいので、炭窒化物が消失したところでは、粒が異常に成長してしまう。これが、高温浸炭過程での部分的な異常粒成長であり、混粒化現象である。

【0017】従来提案されている高温浸炭での粗粒化対策、混粒化対策は、図1(a)に示すように、浸炭処理の前に微細な炭窒化物を多量に析出させ、これにより浸炭処理の後にも微細均一なオーステナイト粒を確保するものであるが、上述したように、1050℃以上の高温浸炭では一部の炭窒化物が消失し、その部分でオーステナイト粒の異常成長が起きるために、耐混粒化特性が著しく低下する。これが、従来提案されている対策で耐混粒化特性が劣ることの理由である。

【0018】(3)このような現象を避けるためには、図1(b)に示すように、浸炭処理の前の段階でNb炭窒化物を粗く大きく分散させておくのが有効である。そうすれば、1050℃以上の高温浸炭でもNb炭窒化物の周囲が固溶するだけとなり、最終的な消失が避けられるので、Nb炭窒化物の数的な減少が回避される。またオーステナイト粒の成長駆動力もそれなりに低下する。

これらのために、オーステナイト粒の部分的な異常成長が抑制され、1050℃以上で1時間以上の浸炭でも混粒化が効果的に抑制される。

【0019】但し、温度が比較的低い浸炭の場合は、炭窒化物の絶対数が少ないので、これを細かく分散させた場合と比べて、耐粗粒化特性は劣る。

【0020】浸炭処理の前の段階で炭窒化物を粗く大きく分散させるためには、細かく分散したNb炭窒化物を意図的に凝集させる必要があり、そのための手段としては、浸炭処理の前にA<sub>1</sub>以下の比較的低い温度で加熱保持を行う安定化処理が有効である。

【0021】また、Nb炭窒化物の組成にも留意する必要がある。即ち、Nb炭窒化物中にNが過剰に溶け込むと、その炭窒化物が安定化してしまい、上記の安定化処理でNb炭窒化物が凝集しなくなる。この観点から、Nb量に応じたNの添加が必要になる。

【0022】このNは、Nb、Ti、Ta、Zr、Hf、V等と共に炭窒化物を形成する元素であるので、従来提案されている対策でも積極的に活用されているが、ここにおけるような上下限量の規定だけでは、仮に浸炭処理前に上記の安定化処理を行っても、Nb炭窒化物を凝集させることは難しい。

【0023】(4)動力伝達用部品の製造では通常、溶製、鑄造、分塊圧延を経て熱間加工に至る。鑄造過程や分塊圧延後の徐冷では、炭窒化物が粗大に析出することがある。この粗大析出物が生じると、安定化処理前に炭窒化物が十分に分散せず、その結果、安定化処理では炭窒化物の凝集が阻害され、特に粗粒化の抑制に有効な大きさの炭窒化物の数が減少することにより、粗粒化が生じる。これを防止するためには、安定化処理前、例えば熱間加工において材料を高温に加熱し、安定化処理で凝集し得るNb炭窒化物を一旦オーステナイト中に固溶させるのが有効である。

【0024】本発明の肌焼鋼の製造方法は、以上の知見を基礎として完成されたものであり、重量比でCを0.10~0.25%含むNb添加型の肌焼鋼を製造するに際し、Nb量が0.02~0.10%、N量が0.010~0.023%であり、且つ $N \leq 0.006 + 0.325Nb$ を満足する鋼を、熱間加工の後、浸炭処理前に、安定化処理として600~700℃の温度域に30分以上保持することを構成上の特徴点とする。

【0025】即ち、Nb量に応じたNの添加を行って、Nb炭窒化物中のN量を制限することにより、その炭窒化物を凝集しやすい組成にし、その上で、浸炭処理前の安定化処理により、Nb炭窒化物を粗く大きく凝集させることにより、高温浸炭でも部分的にしか溶けない炭窒化物粒子を生成するのが、本発明の方法の骨子である。

【0026】本発明の方法では、鑄造過程や分塊圧延後の徐冷で粗大析出した炭窒化物を取り除くために、熱間加工における加熱温度を1150~1250℃とするの

が好ましい。

【0027】鋼中のN量としては、0.010%以上、(0.325-Nb)%以下が特に好ましい。

【0028】また、本発明の肌焼鋼は、上記の方法により製造されたものであり、短時間の高温浸炭を受けることにより、経済性に優れる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態を鋼組成、製造プロセスの順に説明する。

【0030】〔鋼組成〕本発明では、Nb量及びN量が重要であり、それ以外の元素量は基本的に一般の肌焼鋼に準じる。本発明での望ましい成分組成は次の通りである。なお、%は全て重量%である。

【0031】

C: 0.10~0.25%

Si: 2.0%以下

Mn: 0.3~2.0%

P: 0.03%以下

S: 0.03%以下

Cr: 2.0%以下

sol Al: 0.015~0.050%

Nb: 0.02%~0.10%

N: 0.010~0.023%

且つ $N \leq 0.006 + 0.325Nb$

残部: Fe及び不可避不純物

【0032】また、これらの成分に加えて、次の一方又は両方を含むことができる。

【0033】V: 0.1%以下、Ti: 0.01%以下、Mo: 1%以下のうちの1種又は2種以上

【0034】Ni: 3%以下

【0035】ここにおける成分限定理由を以下に説明する。なお「・・・%以下」は含有量が0%である場合を含む。

【0036】C: 0.01%~0.25%

Cは浸炭焼入れ後の部材の強度を上昇させる作用がある。0.10%未満であると、部材の強度を十分確保できないので、下限を0.01%とした。また、Cは部材の靱性にも影響する。0.25%を超えて添加すると、強度は上昇するが逆に靱性が低下するので、上限を0.25%とした。Cの望ましい添加量は下限については0.15%以上、上限については0.23%以下である。

【0037】Si: 2.0%以下

Siは浸炭焼入れ後の部材の転動疲労寿命を向上させる作用がある。歯車や軸受等には高い面圧が繰り返し付加されるので、転動疲労寿命に優れた材料が要求される場合が多い。このような材料にはSiを適宜添加できる。Siを添加してもNb炭窒化物による粗粒化抑制効果は影響されるものではない。2.0%を超えて添加すると、素材の冷間鍛造性を劣化させるので、上限を2.0%とした。Siの望ましい添加量は1.0%未満である。

【0038】Mn: 0.3%~2.0%

Mnは焼入性を上昇させ、部材の強度を上昇させる作用がある。したがって、部材の大きさや、焼入れ時の冷却速度に応じて適宜添加することができる。0.3%未満の添加では、焼入性がほとんど上昇しないので、下限を0.3%とした。2.0%を超えて添加すると素材の被削性が劣化するので、上限を2.0%とした。Mnの望ましい添加量は下限については0.5%以上であり、上限については1.5%以下である。

【0039】P:  $\leq 0.03\%$ 及びS:  $\leq 0.03\%$

P、Sは共に浸炭焼入れ後の部材の靱性を低下させる作用がある。0.03%を超えると、この作用を無視できなくなるので、上限を0.03%とした。P、Sの望ましい添加量は0.20%以下である。

【0040】Cr: 2.0%以下

CrはMnと同様に焼入性を上昇させ、部材の強度を上昇させる作用がある。したがって、部材の大きさや、焼入れ時の冷却速度に応じて適宜添加することができる。2.0%を超えて添加すると、素材の被削性が劣化するので、上限を2.0%とした。Crの望ましい添加量は下限については0.5%以上、上限については1.5%以下である。

【0041】sol Al: 0.015~0.050%

Alは脱酸剤として使用されるので、鋼中に一部sol Alとして残る。そしてそのsol AlはNと結合してAlNとなり、1000℃未満の浸炭で粗粒化抑制効果を発揮する。AlNは1000℃以上では凝集するので、1000℃以上の浸炭処理ではそれ自体で粗粒化を抑制しない。ただし、sol Alは安定化処理において、Nb炭窒化物の凝集を促進させる作用がある。1000℃未満での粗粒化抑制や安定化処理での凝集促進には、少なくとも0.015%の添加が必要なので、下限を0.015%とした。一方、0.050%を超えて添加しても、それ以上の効果を発揮しないので、上限を0.050%とした。

【0042】Nb: 0.02%~0.10%

Nbは本発明での重要元素であり、炭窒化物となって粗粒化を抑制する作用がある。0.02%未満の場合は、特に1050℃以上の浸炭では炭窒化物の量が不足して粗粒化抑制作用が得られないので、下限を0.02%とした。一方、0.10%を超えて添加した場合は、安定化処理前に1150℃~1250℃の加熱を行っても固溶が困難となり、粗粒化抑制効果は飽和する。したがって、上限を0.10%とした。

【0043】N: 0.010%~0.023%

NはNbと共に本発明での重要元素であり、Nb炭窒化物となって粗粒化を抑制する作用がある。0.010%未満では1050℃以上の浸炭の場合に炭窒化物の量が不足して粗粒化抑制作用が得られないので、下限を0.010%とした。一方、0.023%を超えて添加した場合

は、安定化処理前に1150℃～1250℃の加熱を行っても固溶が困難となり、粗粒化抑制効果は飽和する。したがって、上限を0.023%とした。

【0044】 $N \leq 0.006 + 0.325Nb$

Nb量及びN量が混粒化に及ぼす影響について調査した結果を図2に示す。図中、丸(黒)はオーステナイト粒の粒度差が結晶粒度番号で1、丸(白)はこれが2、×はこれが3以上である。1050℃以上の混粒化抑制には、安定化処理において効果的にNb炭窒化物を凝集させる必要がある。当該式に規定される条件よりNを多く添加すると、安定化処理での凝集が困難となり、細かい炭窒化物が数多く分散することになる。このような状態で1050℃以上の浸炭をすると、析出物が溶けて無くなる過程が頻繁に生じ、オーステナイト粒が混粒化する。したがって、混粒化を防ぐためには、当該式により規制される条件を満足させる必要がある。特に望ましい条件は $N \leq 0.325Nb$ である。即ち、N量は0.010%以上、 $(0.325Nb)\%$ 以下が特に望ましい。

【0045】V:0.1%以下、Ti:0.01%以下、Mo:1%以下

V、TiはNb炭窒化物に溶け込み、Nb炭窒化物を増加させることにより、これを細かく分散させる作用がある。それぞれ0.1%、0.01%を超えて添加しても効果は飽和する。また、Moはオーステナイト中に固溶して粒成長を抑制することにより、やはりNb炭窒化物を細かく分散させる作用があり、1%を超えて添加してもその作用は飽和する。したがって、これらを添加する場合の上限を上記の如く定めた。

【0046】Ni:3%以下

Niは浸炭鋼の靱性を向上させる作用があるので、必要に応じて添加できる。Niの添加により、本発明の効果が損なわれるものではない。3%を超えて添加すると、素材の被削性を低下させるので、上限を3%とした。

【0047】〔製造プロセス〕本発明では通常、溶製— casting — 一分塊圧延 — 熱間圧延 (線材圧延、棒鋼圧延等) — 安定化処理 — 機械加工 — 浸炭処理のプロセスで鋼製品が製造される。熱間圧延の後には熱間鍛造を行う場合があり、安定化処理の後には冷間鍛造を行う場合がある。浸炭処理における冷却は焼入れを兼ねる。

【0048】熱間圧延あるいは熱間圧延後の熱間鍛造では、少なくとも1回1150℃～1250℃に加熱して熱間加工するのが望ましい。

【0049】即ち、本発明ではやや粗大化したNb炭窒化物を粗粒化抑制粒子として用いる。そして、この粒子は非常に細かく析出しているNb炭窒化物を安定化処理において適当な大きさに分散させることによって得られる。したがって、安定化処理前では、安定化処理で凝集しうるNb炭窒化物(Nが過剰に含まれていない)を予め多量に分散させておくことが重要となる。

【0050】熱間圧延あるいは熱間圧延後の熱間鍛造で

少なくとも1回1150℃～1250℃に加熱することは、 casting 過程や分解圧延後の徐冷で粗大に析出したNb炭窒化物をいったんオーステナイトに固溶させる作用がある。1150℃未満の加熱では安定化処理前にNb炭窒化物を多量に分散させることが難しく、その結果、安定化処理を行っても粗粒化の抑制に有効な大きさのNb炭窒化物の数が不足するおそれがある。このような意味からは加熱温度はできるだけ高いことが望ましいが、1250℃を超えると脱炭が問題となるし、スケール発生により歩留まりが低下するなど操業上の問題点があるので上限を1250℃とする。

【0051】なお、加熱後は熱間加工を実施するが、これは必要不可欠な工程ではない。あくまでも1150℃～1250℃の加熱でNb炭窒化物をいったん固溶させることが重要である。熱間加工を当該温度域よりも低い温度域で実施し、次に当該温度域に加熱して熱間加工を行わずに冷却しても作用が失われるわけではない。ただ、このような工程を余分に設けると、コスト的に問題となるので、熱間加工の加熱を利用するのが望ましい。加熱の望ましい温度域は1150℃～1200℃である。

【0052】浸炭処理前に行う安定化処理は、本発明で特に重要なプロセスであり、Nb炭窒化物を凝集させることにより、1050℃以上の浸炭処理での炭窒化物の消失を回避して混粒化抵抗を増大させる。そして、この安定化処理では材料を600～700℃に30分以上保持する必要がある。

【0053】安定化処理における保持温度が600℃未満であると、細かなNb炭窒化物が多量に残り、1050℃以上の浸炭ではこれが固溶により消失して、オーステナイト粒が混粒化する。一方、700℃を超えると、この安定化処理でオーステナイト化が生じ、そのオーステナイト中にNb炭窒化物が一旦固溶し、冷却過程で細かいNb炭窒化物が析出してしまふ。そして、1050℃の浸炭ではその細かいNb炭窒化物が固溶して消失し、オーステナイト粒が混粒化する。したがって、保持温度は600～700℃とした。特に望ましい温度域は600～650℃であり、この温度域であると、保持時間が多少変動しても、最適なNb炭窒化物を形成させることができる。

【0054】なお、従来においても冷間鍛造を用いる場合は、その前に球状化処理を行うことがあるが、この処理は750℃程度で行われるので、Nb炭窒化物をオーステナイト中に一旦固溶させ、冷却過程で細かいNb炭窒化物を析出させてしまふ。そのため、Nb炭窒化物の凝集化によりオーステナイトの混粒化を抑制する作用は殆どない。

【0055】保持時間については、これが30分未満であると、Nb炭窒化物の凝集が十分に進行せず、その炭窒化物が細かいまま残る。その結果、1050℃以上の

浸炭ではその細かいNb炭窒化物が固溶して消失し、オーステナイト粒が混粒化する。したがって、保持時間は30分以上とした。

【0056】保持時間の上限については、この時間が長い程、凝集が進むので、特に規定しないが、長時間の安定化処理は効率、熱経済性の点から問題があり、浸炭処理時間を短縮することの意味を減殺する。また、30時間を超えるような処理では、凝集は十分に進むものの、これによりNb炭窒化物の数が減少する。その結果、1050℃以上の浸炭では混粒化は起きないものの、粒全体が大きくなり、粗粒化が問題になる。この点から、保持時間は30分～2時間が望ましい。

【0057】浸炭処理は、処理時間を短縮するために、1050℃以上の高温で行うことが望ましい。そのような高温で処理をおこなっても混粒化が抑制されることは上述した通りである。

【0058】1050℃以上の高温で浸炭処理を行う場合、その処理時間は、基本的に930℃程度の通常浸炭での処理時間のほぼ1/4により計算される。自動車用

部品のような比較的小型のものでも、十分な硬化深さを得るために1時間以上が望ましい。ただし、長時間の処理では、効率及び経済性が低下するだけでなく、重量物の場合は自重による変形が問題になる。自動車用部品のような比較的小型のものでは2時間以下が望ましく、通常浸炭で数十時間を要するような大型部品でも10時間以下が望ましい。

【0059】なお、本発明では930℃といった通常浸炭を特に排除するものではないが、この場合は、Nb炭窒化物の絶対数が少ないので、これを細かく分散させた場合と比べて、耐粗粒化特性は劣る。

【0060】

【実施例】次に、本発明の実施例を示し、比較例と対比することにより、本発明の効果を明らかにする。

【0061】実施例に使用した鋼の成分を表1に示す。これらの鋼は150kgを真空溶製したものである。

【0062】

【表1】

| 鋼   | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr   | solAl | Nb    | N     | f(Nb) | そ の 他                              |
|-----|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| A1  | 0.21 | 0.25 | 0.82 | 0.016 | 0.013 | 1.05 | 0.021 | 0.040 | 0.012 | 0.019 |                                    |
| A2  | 0.20 | 0.25 | 0.80 | 0.016 | 0.012 | 1.04 | 0.022 | 0.025 | 0.013 | 0.014 |                                    |
| A3  | 0.20 | 0.26 | 0.82 | 0.015 | 0.013 | 1.05 | 0.024 | 0.036 | 0.010 | 0.037 |                                    |
| A4  | 0.21 | 0.25 | 0.81 | 0.016 | 0.012 | 1.04 | 0.025 | 0.038 | 0.023 | 0.038 |                                    |
| A5  | 0.20 | 0.26 | 0.81 | 0.016 | 0.013 | 1.05 | 0.021 | 0.050 | 0.021 | 0.022 |                                    |
| A6  | 0.19 | 0.26 | 0.80 | 0.016 | 0.011 | 1.06 | 0.023 | 0.071 | 0.022 | 0.029 |                                    |
| A7  | 0.20 | 0.26 | 0.80 | 0.015 | 0.011 | 1.02 | 0.025 | 0.040 | 0.018 | 0.019 |                                    |
| A8  | 0.21 | 0.26 | 0.81 | 0.015 | 0.012 | 1.04 | 0.026 | 0.055 | 0.017 | 0.024 |                                    |
| A9  | 0.21 | 0.24 | 0.80 | 0.015 | 0.013 | 1.04 | 0.022 | 0.035 | 0.010 | 0.017 | Mo:0.38                            |
| A10 | 0.20 | 0.25 | 0.80 | 0.015 | 0.013 | 1.04 | 0.022 | 0.036 | 0.011 | 0.018 | Mo:0.99                            |
| A11 | 0.20 | 0.26 | 0.82 | 0.015 | 0.014 | 1.05 | 0.022 | 0.036 | 0.010 | 0.018 | V:0.06                             |
| A12 | 0.21 | 0.24 | 0.82 | 0.015 | 0.013 | 1.05 | 0.022 | 0.036 | 0.011 | 0.018 | Ti:0.008                           |
| A13 | 0.20 | 0.25 | 0.81 | 0.016 | 0.012 | 1.04 | 0.022 | 0.035 | 0.011 | 0.017 | Nb:0.21, V:0.05                    |
| A14 | 0.19 | 0.25 | 0.81 | 0.015 | 0.012 | 1.04 | 0.021 | 0.038 | 0.011 | 0.018 | Nb:0.21, Ti:0.006                  |
| A15 | 0.21 | 0.25 | 0.80 | 0.016 | 0.013 | 1.04 | 0.023 | 0.035 | 0.010 | 0.017 | Nb:0.21, V:0.05, Ti:0.005          |
| A16 | 0.12 | 0.05 | 0.32 | 0.009 | 0.003 | 1.95 | 0.048 | 0.033 | 0.012 | 0.018 |                                    |
| A17 | 0.25 | 1.99 | 1.98 | 0.008 | 0.003 | 0.01 | 0.016 | 0.039 | 0.011 | 0.019 |                                    |
| A18 | 0.21 | 0.24 | 0.80 | 0.015 | 0.013 | 1.05 | 0.021 | 0.035 | 0.011 | 0.017 | Ni:0.50                            |
| A19 | 0.19 | 0.25 | 0.81 | 0.016 | 0.012 | 1.04 | 0.023 | 0.036 | 0.011 | 0.018 | Nb:0.38, N:1.2                     |
| A20 | 0.20 | 0.25 | 0.80 | 0.015 | 0.013 | 1.05 | 0.021 | 0.038 | 0.012 | 0.018 | Nb:0.21, V:0.05, Ti:0.005, Ni:2.95 |
| B1  | 0.20 | 0.25 | 0.81 | 0.015 | 0.014 | 1.05 | 0.021 | 0.035 | 0.019 | 0.017 |                                    |
| B2  | 0.21 | 0.24 | 0.80 | 0.016 | 0.013 | 1.04 | 0.022 | 0.050 | 0.023 | 0.022 |                                    |
| B3  | 0.20 | 0.24 | 0.80 | 0.016 | 0.014 | 1.05 | 0.021 | 0.015 | 0.010 | 0.011 |                                    |
| B4  | 0.19 | 0.25 | 0.81 | 0.015 | 0.013 | 1.04 | 0.022 | 0.040 | 0.009 | 0.019 |                                    |
| B5  | 0.20 | 0.25 | 0.80 | 0.016 | 0.012 | 1.03 | 0.021 | 0.020 | 0.014 | 0.013 |                                    |

f(Nb)=0.006+0.35Nb

【0063】Aシリーズは本発明の成分条件を満たす鋼

であり、内訳は次のとおりである。A1はベース鋼であ

り、JIS規格のSCR420鋼にNb、Nをそれぞれ0.04%、0.012%添加したものである。A2鋼～A8鋼はNb、Nを本発明の条件内で変化させたものである。A9鋼～A15鋼はベース鋼にMo、V、Tiを単独あるいは複合添加したものである。A16、A17鋼はNb、Nをベース鋼相当とし、C、Si、Mn、P、S、Cr、sol Alの各量を変化させたものである。A18鋼～A20鋼はNi添加鋼である。

【0064】一方、Bシリーズは本発明の成分条件を満足しない比較鋼である。B1鋼、B2鋼及びB5鋼は、Nb、Nの添加量についての条件を満足するが、Nb、Nの関係式を満たさない。また、B3鋼、B4鋼はNb、Nの関係式を満たすが、添加量自体は本発明の条件外である。

【0065】これらの各鋼につき、150kg鑄塊を1100℃に加熱し、熱間鍛造(900℃仕上げ)で直径30mmの供試材に成形した。そして、各供試材を下記の実施例1～4に供した。

【0066】〔実施例1〕実施例1では鋼成分の影響を調査した。実施例1での熱処理条件を図3に示す。即ち、素材を1150℃で1hr保持し、熱間鍛造(900℃仕上げ)で直径20mmとした。この後、650℃×1hr—空冷(安定化処理)を行った。次に、1060℃×2hrという高温の疑似浸炭を行い、水焼入の後、素材のオーステナイト結晶粒度を測定した。測定は10視野行い、その平均値を算出した。粒度が6番以上のものを粗粒化についての合格品とし、それ以下のものを不合格とした。また、3番以上の差がある粒が20%以上あるものについては混粒とし、混粒化の点から不合格とした。

【0067】表2に結果を示す。粒度差1は2番以上の差がある粒が20%未満あることを意味し、粒度差2は3番以上の差がある粒が20%未満であることを意味する。また、粒度差3以上は3番以上の差がある粒が20%以上あることを意味し、上述した通り混粒である。

【0068】

【表2】

| 鋼   | N     | f(Nb)1 | f(Nb)2 | γ粒度番号 | 粒度差   |
|-----|-------|--------|--------|-------|-------|
| A1  | 0.012 | 0.019  | 0.013  | 6.5   | 1.0   |
| A2  | 0.013 | 0.014  | 0.008  | 7.0   | 2.0   |
| A3  | 0.010 | 0.037  | 0.031  | 7.5   | 1.0   |
| A4  | 0.023 | 0.038  | 0.032  | 8.5   | 1.0   |
| A5  | 0.021 | 0.022  | 0.016  | 7.5   | 2.0   |
| A6  | 0.022 | 0.029  | 0.023  | 8.0   | 1.0   |
| A7  | 0.018 | 0.019  | 0.013  | 7.5   | 2.0   |
| A8  | 0.017 | 0.024  | 0.018  | 7.5   | 1.0   |
| A9  | 0.010 | 0.017  | 0.011  | 7.0   | 1.0   |
| A10 | 0.011 | 0.018  | 0.012  | 7.6   | 1.0   |
| A11 | 0.010 | 0.018  | 0.012  | 7.0   | 1.0   |
| A12 | 0.011 | 0.018  | 0.012  | 7.0   | 1.0   |
| A13 | 0.011 | 0.017  | 0.011  | 7.6   | 1.0   |
| A14 | 0.011 | 0.018  | 0.012  | 7.5   | 1.0   |
| A15 | 0.010 | 0.017  | 0.011  | 8.0   | 1.0   |
| A16 | 0.012 | 0.018  | 0.012  | 6.0   | 1.0   |
| A17 | 0.011 | 0.019  | 0.013  | 6.5   | 1.0   |
| A18 | 0.011 | 0.017  | 0.011  | 6.5   | 1.0   |
| A19 | 0.011 | 0.018  | 0.012  | 7.0   | 1.0   |
| A20 | 0.012 | 0.018  | 0.012  | 8.0   | 1.0   |
| B1  | 0.019 | 0.017  | 0.011  | 混     | 3.0以上 |
| B2  | 0.023 | 0.022  | 0.016  | 混     | 3.0以上 |
| B3  | 0.010 | 0.011  | 0.005  | 5.5   | 2.0   |
| B4  | 0.009 | 0.019  | 0.013  | 5.0   | 1.0   |
| B5  | 0.014 | 0.013  | 0.007  | 混     | 3.0以上 |

$$f(Nb)1=0.32Nb+0.006 \quad f(Nb)2=0.32Nb$$

【0069】本発明の成分条件を満足するA1鋼～A20鋼は、1060℃×2hrという浸炭処理を受けているにもかかわらず、いずれも粒度は6番以上であり、顕著な粗粒化抑制効果が認められる。また、粒度差が2以下であり、混粒抑制についても顕著な効果が認められる。

【0070】これに対し比較鋼は、B1鋼、B2鋼及びB5鋼ではNb量に対してN量が過剰であるため、Nb炭窒化物が安定化しており、650℃の安定化処理をしても適当な大きさに凝集化しない。したがって、疑似浸炭の際にその細かい粒が部分的に溶け込んでしまい混粒化する。B3鋼、B4鋼ではNb、N量が不足しているので粒全体が大きくなってしまう。このような場合はMoを添加しても目標粒度を達成できない。

【0071】ここにおける試験結果を図示したのが図2である。1060℃×2hrという浸炭処理で混粒化を

抑制するには、 $N \leq 0.006 + 0.325Nb$  という条件が不可欠であり、とりわけ  $N \leq 0.325Nb$  という条件の有効なことが分かる。なお、B3鋼、B4鋼は混粒化の点からは特に問題はないが、上述した通りNb、N量の不足のために粗粒化を生じた。

【0072】〔実施例2〕実施例2では鍛造時の加熱温度の影響を調査した。供試鋼はA1、A3、A4、A6、B2鋼である。実施例2での熱処理条件を図4に示す。即ち、素材を1100℃、1150℃、1250℃で1hr保持し、熱間鍛造(900℃仕上げ)で直径20mmとした。この後、650℃/1hr-空冷(安定化処理)を行った。次に、1060℃/2hrの疑似浸炭を実施し、水焼入の後、素材のオーステナイト結晶粒度を測定した。オーステナイト結晶粒度測定法は実施例1と同じである。

【0073】表3に結果を示す。1150℃、1250℃加熱では、B2鋼を除き、いずれの鋼もNb炭窒化物が十分固溶し、次の安定化処理で適当な大きさに分散するので、粗粒化抑制効果を発揮する。しかしながら、1100℃加熱ではNb炭窒化物が十分固溶しないので、安定化処理を行っても粗粒化抑制に有効な大きさのNb炭窒化物を十分な数だけ得ることができない。そのため、粗粒化が生じ、結晶番号が低下する。したがって、安定化処理の前に1150℃以上の加熱を行うことが望まれる。

【0074】B2鋼ではNb量に対してN量が過剰であるため、Nb炭窒化物が安定化しており、650℃の安定化処理をしても適当な大きさに凝集化しない。鍛造時の加熱温度を変化させても、安定化処理でのNb炭窒化物の析出量が変わるだけで、凝集化の程度は変化しないので、B2鋼はいずれの加熱温度でも混粒となる。

【0075】

【表3】

| 鋼  | 加 熱 温 度 |       |       |
|----|---------|-------|-------|
|    | 1250℃   | 1150℃ | 1100℃ |
| A1 | 6.5     | 6.5   | 3.0   |
| A3 | 7.5     | 7.5   | 4.0   |
| A4 | 9.0     | 8.5   | 4.5   |
| A6 | 8.5     | 8.0   | 3.5   |
| B2 | 混       | 混     | 混     |

【0076】〔実施例3〕実施例3では鍛造時の安定化処理での加熱温度と加熱時間の影響を調査した。供試鋼はA1、A3、A4、A6鋼である。実施例3での熱処理条件を図5(a)(b)に示す。図5(a)では、素材を1150℃で1hr保持し、熱間鍛造(900℃仕上げ)で直径20mmとした。この後、種々の加熱温度と加熱時間の組み合わせで安定化処理を行った。次に、1060℃/2hrの疑似浸炭を実施し、水焼入の後、素材のオーステナイト結晶粒度を測定した。

【0077】一方、図5(b)では、鍛造に引き続いて直接安定化処理する熱処理も検討した。即ち、素材を1150℃で1hr保持し、熱間鍛造(900℃仕上げ)で直径20mmとした後、それを650℃の炉に直接挿入し、1hr保持して放冷した。次に、1060℃/2hrの疑似浸炭をし、水焼入の後、素材のオーステナイト結晶粒度を測定した。オーステナイト結晶粒度測定法は実施例1と同じである。

【0078】表4に結果を示す。600℃~700℃の温度に30min以上保持する安定化処理では、いずれの鋼もNb炭窒化物が適当な大きさに分散するので、粗粒化抑制効果を発揮する。ただし、700℃加熱/30hr保持ではNb炭窒化物の凝集化がやや進み粗大化傾向が現れる。また、鍛造後に連続的に安定化処理を行っても、同様に粗粒化抑制がある。

【0079】750℃、850℃加熱の安定化処理では、オーステナイト化で一部のNb炭窒化物が固溶して、放冷で再び微細に析出する。したがって、疑似浸炭の際にその細かい粒が部分的に溶け込んでしまい混粒化する。

【0080】一方、500℃加熱の安定化処理では、Nb炭窒化物の凝集化が十分に進まない。したがって、疑似浸炭の際にその細かい粒が部分的に溶け込んでしまい混粒化する。安定化処理を行わない場合も、Nb炭窒化物の凝集化が進まないのので、疑似浸炭の際にその細かい粒が部分的に溶け込んでしまい混粒化する。

【0081】

【表4】

| 鋼  | 安定化処理の温度と保持時間        |                        |                       |                        |                       |                       |                     |                     |                     |            |
|----|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
|    | 650℃<br>1hr<br>(本発明) | 600℃<br>30min<br>(本発明) | 600℃<br>30hr<br>(本発明) | 700℃<br>30min<br>(本発明) | 700℃<br>30hr<br>(本発明) | 650℃*<br>1hr<br>(本発明) | 750℃<br>1hr<br>(比較) | 850℃<br>1hr<br>(比較) | 950℃<br>1hr<br>(比較) | なし<br>(比較) |
| A1 | 6.5                  | 6.5                    | 6.5                   | 6.5                    | 6.0                   | 6.5                   | 混                   | 混                   | 混                   | 混          |
| A3 | 7.5                  | 7.5                    | 7.5                   | 7.5                    | 7.0                   | 7.5                   | 混                   | 混                   | 混                   | 混          |
| A4 | 8.5                  | 8.5                    | 8.5                   | 8.0                    | 7.0                   | 8.5                   | 混                   | 混                   | 混                   | 混          |
| A6 | 8.0                  | 8.0                    | 8.0                   | 7.0                    | 6.5                   | 8.0                   | 混                   | 混                   | 混                   | 混          |

\*連続処理

【0082】〔実施例4〕実施例4では浸炭温度の影響を調査した。供試鋼はA1、A3、A4、A6、B2鋼である。実施例4での熱処理条件を図6(a)(b)に示す。図6(a)では、素材を1150℃で1hr保持し、熱間鍛造(900℃仕上げ)で直径20mmとした。この後、650℃×1hr→空冷(安定化処理)を行った。次に、950℃と1060℃で2hrの疑似浸炭を実施し、水焼入の後、素材のオーステナイト結晶粒度を測定した。

【0083】また、通常浸炭(950℃浸炭)を行う場合の安定化処理の影響を調査するため、図6(b)では、安定化処理をせずに950℃×2hrの疑似浸炭を行った。オーステナイト結晶粒度測定法は実施例1と同じである。

【0084】表5に結果を示す。安定化処理をしてNb炭窒化物が凝集化されている本発明例の場合、1060℃と950℃では粒度はほぼ同じである。これは、安定化処理でNb炭窒化物が粗大化しているため、1060℃でも950℃でもNb炭窒化物の数がそれほど変わっていないためである。安定化処理をしない場合は、Nb炭窒化物が凝集化していないので、1060℃では混粒

化が生じる。しかし、Nb炭窒化物が細かく分散しているため、Nb炭窒化物があまり溶けない950℃では、10番程度の細粒化が達成される。

【0085】Nb量に対してN量が相対的に高いB2鋼の場合は、安定化処理してもNb炭窒化物があまり凝集化しないので、1060℃では混粒化するが、950℃では混粒化せず、しかも最も細粒化が進む。950℃で混粒化しないのは、950℃浸炭ではNb炭窒化物の溶け込みが顕著でないので、安定化処理でNb炭窒化物をわざわざ凝集化させなくても、十分に粗粒化抵抗を確保できるからである。そして950℃で最も細粒化するのには、N量が最も多く、950℃ではNb炭窒化物が最も微細に分散しているからである。

【0086】以上のことから、1050℃以上の浸炭で粗粒化を起こさせないためには、安定化処理とNバランスが重要であり、950℃程度の通常浸炭とは相反するような全く異なった技術手法を用いなければならないことがわかる。

【0087】

【表5】

| 鋼  | 類似浸炭温度           |                 |                  |                 |
|----|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|    | 1060℃<br>安定化処理有り | 950℃<br>安定化処理有り | 1060℃<br>安定化処理無し | 950℃<br>安定化処理無し |
| A1 | 6.5              | 7.0             | 混                | 9.5             |
| A3 | 7.5              | 8.5             | 混                | 10.0            |
| A4 | 8.5              | 8.5             | 混                | 10.0            |
| A6 | 8.0              | 8.0             | 混                | 10.0            |
| B2 | 混                | 9.0             | 混                | 10.5            |

【0088】

【発明の効果】以上に説明した通り、本発明の肌焼鋼の製造方法は、1050℃以上の高温浸炭処理でも固溶により消失しないNb炭窒化物を生成することにより、その高温浸炭処理を行う場合にあっては、オーステナイトの粗粒化及び混粒化を効果的に抑制することができる。したがって、焼入れ歪みの少ない製品を短時間の浸炭処理により経済性よく製造することができる。

【0089】また、本発明の肌焼鋼は、1050℃以上

の高温浸炭処理を受けることにより低コストに製造され、しかもその浸炭処理でオーステナイトの粗粒化及び混粒化が効果的に抑制されるので、焼入れ歪みが少なく高品質である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明での混粒化抑制原理を示すイメージ図である。

【図2】Nb量及びN量が混粒化に及ぼす影響を示す図表である。

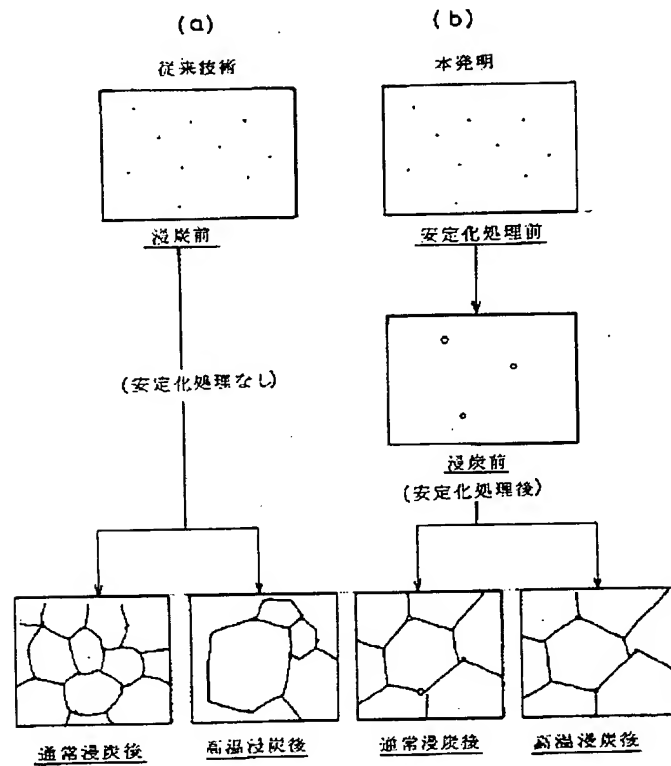
【図3】実施例での熱処理を示すヒートパターン図である。

【図4】実施例での熱処理を示すヒートパターン図である。

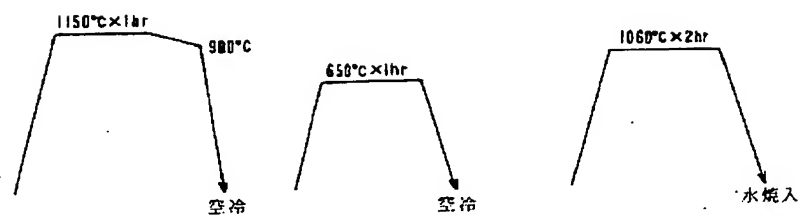
【図5】実施例での熱処理を示すヒートパターン図である。

【図6】実施例での熱処理を示すヒートパターン図である。

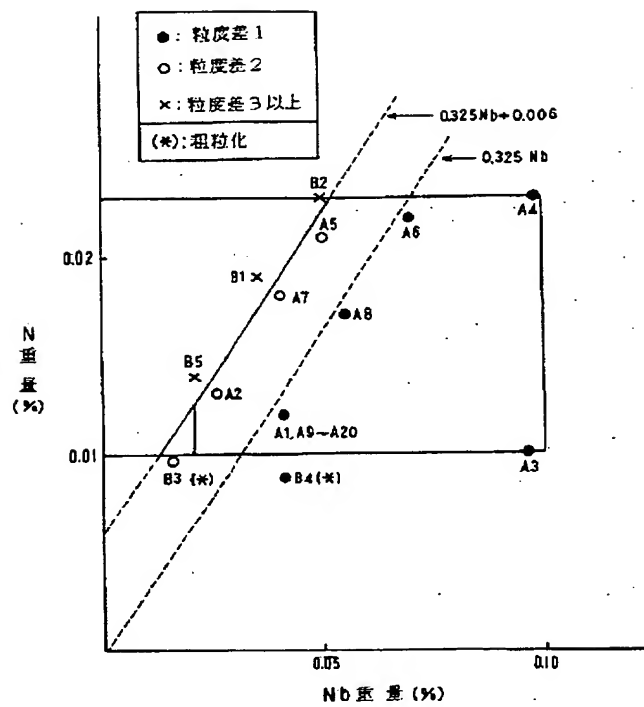
【図1】



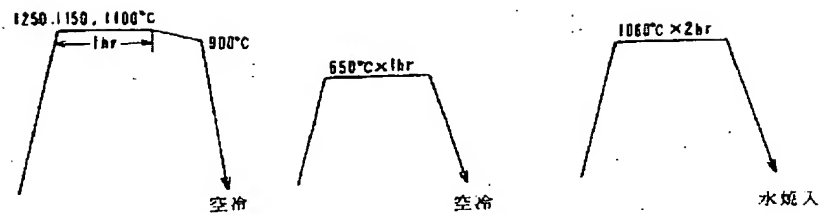
【図3】



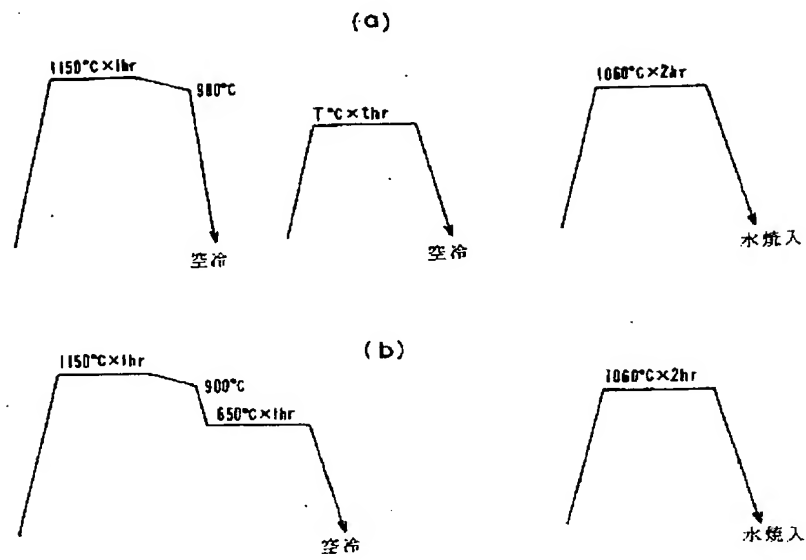
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

